

Wpłynęło 21.01.2013 r.
Zrecenzowano 09.09.2013 r.
Zaakceptowano 18.09.2013 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WPŁYW STOPNIA ZMURSZENIA GLEB TORFOWYCH NA WZBOGACANIE WODY GRUNTOWEJ W ZWIĄZKI AZOTU, FOSFORU I RWO

Jacek JASZCZYŃSKI¹⁾ ABCDEF, Marek URBANIAK²⁾ B,
Piotr NAWALANY²⁾ B

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Doświadczalny w Biebrzy

²⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Ochrony Jakości Wody

Streszczenie

W pracy opisano aspekty ilościowej i czasowej zmienności uwalniania do wody gruntowej związków azotu, fosforu i RWO z gleb torfowo-murszowych o różnym stopniu odwodnienia, warunkującego odmienną intensywność napowietrzenia górnych partii gleby i przemian ich materiału organicznego. Prace prowadzono na zmeliorowanych torfowiskach w północno-zachodniej części śródkolegowego basenu Biebrzy, charakteryzujących się glebami powstałymi z torfów niskich. Badania zlokalizowano na glebach torfowo-murszowych o różnym stopniu zmurszenia (MtI, MtII i MtIII), zagospodarowanych jako ekstensywne łąki kośnie, nienawożone.

Zauważono, że im większym stopniem zmurszenia charakteryzowała się gleba torfowa, tym większe było średnie z całego okresu badawczego stężenie NO_3^- i RWO w wodzie gruntowej. Stężenie NO_3^- w wodzie gruntowej wzrastało w okresie zimowym. Najsilniej zjawisko to zaznaczało się w profilu gleby MtIII. Zanotowano brak zróżnicowania średniego stężenia NH_4^+ w zależności od stopnia zmurszenia gleby. We wszystkich glebach obserwowano jednak, że największe stężenie tego składnika występowało w okresach największego obniżenia lustra wody gruntowej. Najsilniejsze wzbogacanie wody gruntowej w PO_4^{3-} stwierdzono w glebie o drugim stopniu zmurszenia, co mogło wynikać z tworzenia się łatwo rozpuszczalnych fosforanów amonu. Niezależnie od stopnia zmurszenia gleby torfowej, stężenie RWO w wodzie gruntowej było największe od czerwca do września, pokrywając się z występowaniem najniższego poziomu wody gruntowej i najwyższą temperaturą wody. W roku, w którym obserwowano wyższy od przeciętnego średni poziom wody gruntowej, stężenie RWO w wodzie gruntowej z gleby MtII i MtIII było znacząco większe w porównaniu z latami suchymi, podczas gdy w przypadku gleby MtI stwierdzono sytuację odwrotną.

Słowa kluczowe: azotany, fosforany, RWO, gleby torfowo-murszowe, stopień zmurszenia, woda gruntowa

Do cytowania For citation: Jaszczyński J., Urbaniak M., Nawalany P. 2013. Wpływ stopnia zmurszenia gleb torfowych na wzbogacanie wody gruntowej w związku azotu, fosforu i RWO. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 3(43) s. 63–77.

WSTĘP

Wyniki badań gleb torfowo-murszowych wykazują zmiany zawartości składników mineralnych w różnych częściach profilu glebowego, w zależności od rodzaju materiału roślinnego tworzącego złożę torfowe oraz stopnia zmurszenia gleby [OKRUSZKO, KOZAKIEWICZ 1973; OKRUSZKO, PIAŚCIK 1990]. Znacznie słabiej poznane są natomiast mechanizmy wzbogacania wody gruntowej obecnej w profilu w komponenty uwalniane z masy glebowej. Zmieniająca się na skutek procesów mineralizacji ogólna zasobność w poszczególne składniki, ilość ich form rozpuszczalnych, pojemność sorpcyjna kompleksu glebowego, czy właściwości fizyczne gleby w sposób bezpośredni wpływają na dynamikę uwalniania i przemieszczania się substancji biogennych do zasobów wodnych [JASZCZYŃSKI 2008; SAPEK 2008; SAPEK 2011; SAPEK i in. 2005; SZAJDAK i in. 2007]. W przypadku zmeliorowanych w przeszłości obiektów torfowiskowych, składniki uwolnione z kompleksu glebowego są transportowane ciekami drenarskimi i wynoszone poza miejsce wcześniejszej akumulacji [SAPEK i in. 2006; SKORBIŁOWICZ 2010].

Celem pracy było opisanie różnic w uwalnianiu do wody gruntowej mineralnych form azotu, fosforanów oraz związków organicznych (wyrażonych stężeniem RWO) z gleb torfowo-murszowych o różnym stopniu zmurszenia oraz określenie czynników intensyfikujących przemieszczanie się tych składników do zasobów wodnych torfowiska niskiego.

METODY BADAŃ

Prace doświadczalne prowadzono w latach 2008–2010 w północno-zachodniej części środkowego basenu Biebrzy [BANASZUK (red.) 2004]. Jeden z punktów badawczych zlokalizowano w miejscowości Czarna Wieś (N-53,700 E-22,645). Dwa kolejne punkty położone były w sąsiedztwie Brzezin Ciszewskich: Brzeziny Ciszewskie I (N-53,622 E-22,639) oraz Brzeziny Ciszewskie II (N-53,604 E-22,655) (tab. 1). Punkty badawcze na wymienionych obiektach usytuowano na glebach torfowo-murszowych MtI, MtII i MtIII, użytkowanych łąkowo w sposób ekstensywny. Były to powierzchnie jednokośne (wykaszenie w połowie lata), nienawożone. Warunkowało to wyeliminowanie potencjalnego wpływu nawozów mineralnych bądź organicznych na tempo i kierunki uwalniania badanych składników oraz ich przechodzenia do roztworu glebowego. Zbiorowiska roślinne na badanych powierzchniach, zaliczane do związku *Calthion palustris*, miały charakter półnaturalny i tworzyły je liczne gatunki zielne, trawy i turzyce. Stan zadarnienia określono jako luźny. W ramach każdego ze stopni zmurszenia wytypowano dwie powierzchnie łąkowe. Na każdej z nich zainstalowano po trzy studzienki, z których dwa razy w miesiącu pobierano próbki wody gruntowej. Studzienki wiercono na głębokość ok. 100 cm wyłącznie w utworze organicznym gleby. Wykonano je z rur

PCW, perforowanych na całym odcinku poniżej warstwy darniowej gleby. Podczas poboru próbek wody mierzono jej pH, temperaturę oraz głębokość zalegania.

W próbkach wody oznaczono stężenie NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} oraz rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) metodą kolorymetryczną, za pomocą autoanalyzera przepływowego Skalar. Ponadto, w pierwszym roku badań, z warstwy gleby 0–40 cm z odstopniowaniem co 10 cm pobrano próbki, w których oznaczono pH w KCl (20 cm^3 gleby w stanie świeżym/ 50 cm^3 1 M KCl) oraz zawartość N-NO_3^- i N-NH_4^+ (w wyciągu: 25 cm^3 gleby/ 100 cm^3 1% K_2SO_4). Oznaczanie mineralnych form azotu przeprowadzono w próbkach gleby zachowanych w stanie uwilgotnienia zbliżonym do polowego i przechowywanych w temperaturze ok. 5–6°C. Oznaczanie zawartości fosforu odbywało się w roztworze otrzymanym po wysuszeniu i zmineralizowaniu próbek gleby, zgodnie z metodyką opracowaną w ITP Falenty dla gleb organicznych [SAPEK, SAPEK 1997]. Stężenie RWO oznaczano w wyciągu wodnym z gleby w stanie świeżym (20 g gleby na 100 cm^3 H_2O).

Za pomocą metalowych cylinderków o pojemności 100 cm^3 pobrano z 10-centymetrowych warstw profilu próbki gleby, w których określono jej podstawowe właściwości fizyczne: gęstość objętościową, popielność oraz porowatość ogólną według wzoru:

$$P = [(C_w - C_o)/C_w] 100$$

gdzie:

P – porowatość, $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$;

C_w – gęstość właściwa (ciężar właściwy), $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$;

C_o – gęstość objętościowa (ciężar objętościowy), $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Do wyliczenia gęstości właściwej wykorzystano formułę OKRUSZKI [1971]:

$$G_w = 1,459 + (0,0119M)$$

gdzie:

M – popielność, % s.m.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Materiał organiczny, budujący wierzchnie warstwy badanych zmeliorowanych gleb organicznych, poddawany był przemianom tlenowym z różną intensywnością. Doprowadziło to do wytworzenia poziomu murszowego o różnej miąższości i wykształcenia się murszu od torfiastego do właściwego (tab. 1). Gleba w badanych punktach miała odczyn kwaśny i lekko kwaśny (tab. 2). Proces murszenia spowodował zwiększenie zawartości części mineralnych w powierzchniowych warstwach gleby w porównaniu z głębiej leżącymi. Zawartość ta była jednak podobna w ba-

Tabela 1. Opis utworu glebowego w punktach badawczych**Table 1.** Characteristic of soil deposit in study sites

Lokalizacja Localization	Charakterystyka utworu glebowego Characteristic of soil deposit	Charakterystyka warstwy murszowej Characteristic of muck layer
Czarna Wieś	gleba torfowo-murszowa o pierwszym stopniu zmruszenia (MtI), wytworzona z torfów mechowiskowych; niewielki udział turzyc i materiału łozowego; całkowita miąższość złoża: 5–6 m peat-muck soil in the first stage of decomposition (MtI) formed from moss peat with a little share of sedges and willow material; total peat thickness: 5–6 m	procesami murszenia objęta tylko warstwa darniowa do głębokości 5–8 cm – mursz torfiasty; poniżej torf słabo rozłożony R ₁ mucking process involves only the sward layer to a depth of 5–8 cm – peaty muck; below – the poorly decomposed peat R ₁
Brzeziny Ciszewskie I	gleba torfowo-murszowa o drugim stopniu zmruszenia (MtII), powstała w znacznej części z materiału drzewnego (olesowego, łozowego), z różną, w zależności od warstwy, domieszką turzyc i trzciny; całkowita miąższość złoża: 120–180 cm peat-muck soil in the second stage of decomposition (MtII) largely formed from woody material (alder, willow) with various admixtures (depending on layer) of sedges and reeds; total peat thickness: 120–180 cm	mursz próchniczny sięgający do głębokości 25 cm; warstwa przejściowa torfu murszającego na głębokości 25–28 cm; poniżej torf silnie rozłożony R ₃ humic muck reaching to a depth of 25 cm; transition layer with mucky peat at a depth of 25–28 cm; below – strongly decomposed peat R ₃
Brzeziny Ciszewskie II	gleba torfowo-murszowa o trzecim stopniu zmruszenia (MtIII), wytworzona z torfów turzycowych i szuwarowych; utwór organiczny zalegający do głębokości 200 cm peat-muck soil in the third stage of decomposition (MtIII) formed from sedge and rush peat; organic material to a depth of 200 cm	procesami murszenia objęta warstwa powierzchniowa do głębokości 31–34 cm – mursz właściwy; poziom przejściowy z torfem murszającym na głębokości 34–37 cm; poniżej torf silnie rozłożony R ₃ mucking process involves surface layer to a depth of 31–34 cm depth – proper muck; transition layer with decomposing peat at a depth of 34–37 cm; below – strongly decomposed peat R ₃

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

danych profilach gleb. Zagęszczenie materiału organicznego gleb MtII i MtIII było natomiast w całym profilu większe niż gleby MtI, co wpływało jednocześnie na mniejszą ich porowatość ogólną.

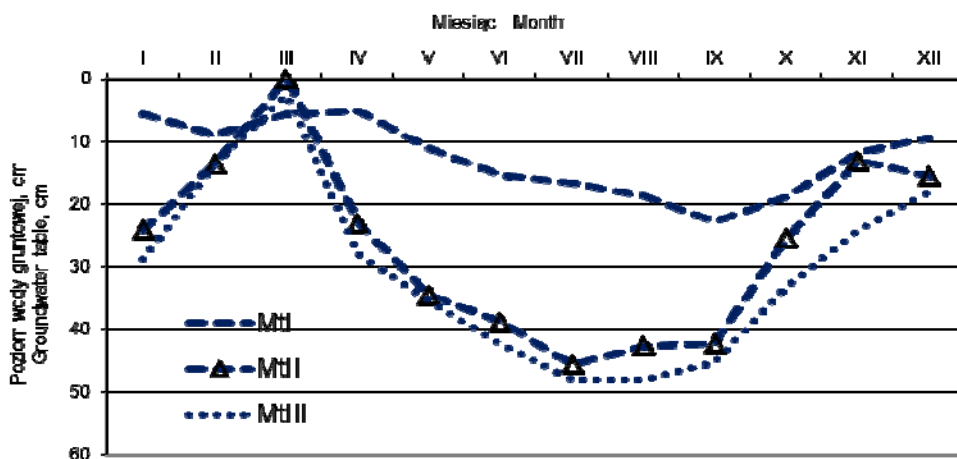
Średnie miesięczne z trzyletniego okresu badawczego poziomy wody gruntowej były stosunkowo wysokie we wszystkich badanych glebach (rys. 1). Wyraźnie niższe stany lustra wody w glebach MtII i MtIII w porównaniu z glebą MtI występowały w okresie od kwietnia do września. Natomiast pojedyncze odczyty pozio-

Tabela 2. Właściwości fizyczne gleby**Table 2.** Physical soil properties

Gleba Soil	Głębokość Depth cm	pH 1 M KCl	Zawartość części mineralnych Content of mineral part % s.m. % of DM	Gęstość objętościowa Bulk density Mg·m ⁻³	Porowatość ogólna Total porosity m ³ ·m ⁻³
M I	0–10	4,9	17	0,181	0,89
	10–20	5,2	18	0,201	0,88
	20–30	5,2	14	0,175	0,89
	30–40	5,2	13	0,161	0,90
MtII	0–10	5,2	18	0,333	0,80
	10–20	5,5	18	0,340	0,80
	20–30	5,8	15	0,245	0,85
	30–40	5,9	14	0,223	0,85
MtIII	0–10	5,5	18	0,320	0,81
	10–20	5,3	17	0,309	0,82
	20–30	5,4	15	0,234	0,85
	30–40	5,6	13	0,187	0,88

Objaśnienia: MtI, MtII, MtIII wg tabeli 1. Explanations: MtI, MtII, MtIII as in table 1.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.



Rys. 1. Średnie miesięczne poziomy wody gruntowej z całego okresy badawczego (2008–2010): MtI, MtII, MtIII wg tabeli 1.; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Mean monthly groundwater tables for the whole study period (2008–2010): MtI, MtII, MtIII as in table 1; source: own studies

mu wody gruntowej w glebach Mtl wykazywały jego maksymalne obniżenie do 53 cm (z reguły z końcem lata), natomiast w glebach MtlII i MtlIII do głębokości 76–82 cm, najczęściej w lipcu (tab. 3). W okresach wiosennych, na wszystkich stanowiskach, często obserwowano wodę na powierzchni gruntu. Zaznaczyć należy również, że zmienność poziomu wody gruntowej w okresie badawczym dla stanowisk z glebą Mtl była większa w porównaniu ze stanowiskami z glebą silniej zmurszałą (tab. 3).

Tabela 3. Charakterystyka warunków wodnych

Table 3. Characteristic of water conditions

Wyszczególnienie Specification		Gleba Soil		
		Mtl	MtlII	MtlIII
Poziom wody gruntowej, cm Ground water table, cm	najwyższy zanotowany the highest one noted	–3	–10	–5
	najniższy zanotowany the lowest one noted	53	82	76
Współczynnik zmienności, % Variability coefficient, %		82	73	63
Liczba pomiarów Number of measurements		60	60	60
Średnie pH Mean pH		6,4	6,5	6,5

Objaśnienia: Mtl, MtlII, MtlIII wg tabeli 1. Explanations: Mtl, MtlII, MtlIII as in table 1.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Dominujące w badanych glebach stosunki powietrzno-wodne, kształtowane przez głębokość zalegania wody gruntowej, nakreślały m.in. kierunek przemian związków azotowych. Silniejsza w glebach MtlII i MtlIII niż w glebach Mtl aeracja prowadziła do wzmożonego rozkładu materii organicznej i większej wydajności procesów nitrifikacji, co skutkowało wielokrotnie większą zawartością azotanów w glebach charakteryzujących się wyższym stopniem zmurszenia (tab. 4). Szczególnie dotyczyło to warstwy korzeniowej i bezpośrednio pod nią leżącej warstwy 10–20 cm. Sytuację odwrotną zaobserwowano w przypadku azotu amonowego. Największą zawartością tego składnika odznaczała się gleba Mtl, a szczególnie jej warstwa korzeniowa. Również w głębszych warstwach zawartość tej formy azotu była dwukrotnie większa niż stwierdzona w glebach o wyższym stopniu zmurszenia. W warstwie korzeniowej gleby Mtl oznaczono również największą zawartość fosforu wśród badanych stanowisk. W głębszych partiach profilu zawartość fosforu była bardzo mała i podobna we wszystkich analizowanych glebach. Zdecydowanie największym stężeniem RWO w wyciągu z gleby charakteryzowała się warstwa korzeniowa gleby Mtl. W ujęciu profilowym tej gleby obserwowano zmniejszanie się zawartości opisywanego składnika wraz z głębokością. W glebie MtlII różnice te były już zdecydowanie mniejsze, podczas gdy w glebie MtlIII zanotowano nieznaczny wzrost zawartości RWO wraz z głębokością (tab. 4).

Tabela 4. Średnia zawartość (z trzech powtórzeń) poszczególnych składników w glebie**Table 4.** Mean content (from three replications) of particular soil components

Gleba Soil	Głębokość, cm Depth, cm	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	RWO DOC mg C·dm ⁻³
		mg·dm ⁻³			
MtI	0–10	1,7	46,4	16,2	2 461
	10–20	2,6	5,1	0,7	1 738
	20–30	1,3	4,9	0,6	1 605
	30–40	1,2	3,2	0,5	1 584
MtII	0–10	30,4	3,5	0,8	1 797
	10–20	17,7	2,3	0,7	1 705
	20–30	7,9	2,2	0,5	1 629
	30–40	6,7	2,0	0,5	1 605
MtIII	0–10	27,5	2,8	0,6	1 880
	10–20	17,7	2,9	0,5	1 958
	20–30	13,8	2,2	0,5	2 123
	30–40	11,1	2,1	0,5	2 078

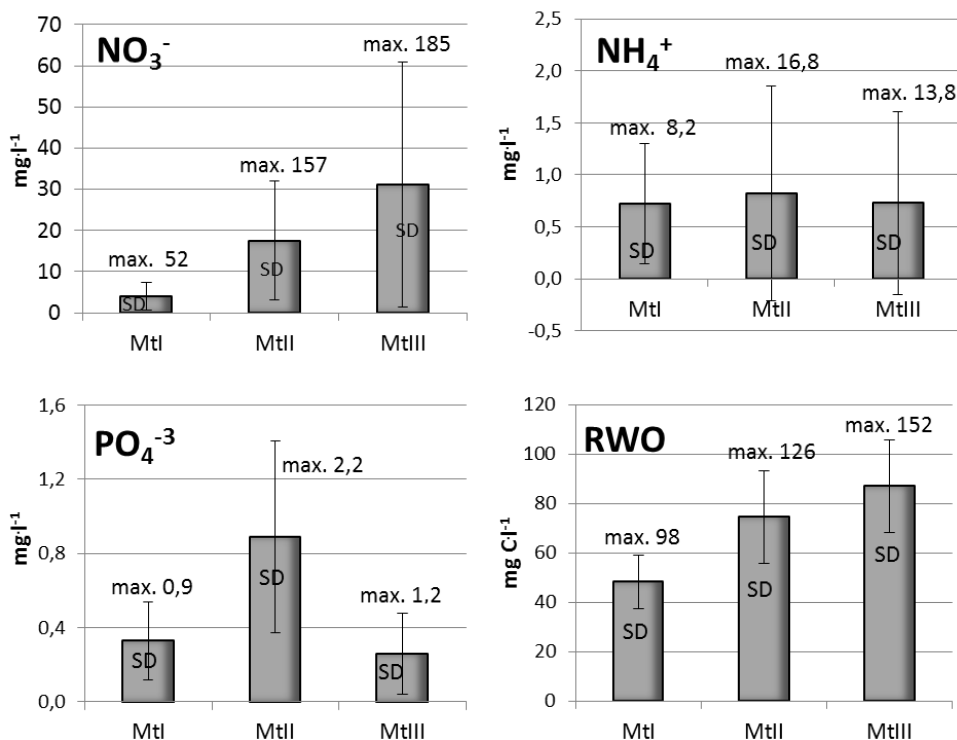
Objaśnienia: MtI, MtII, MtIII wg tabeli 1. Explanations: MtI, MtII, MtIII as in table 1.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Zawartość azotanów w materiale glebowym przekładała się na ich średnie stężenie w wodzie gruntowej z całego okresu badań. Było ono siedmiokrotnie większe w wodzie z gleby o najwyższym stopniu zmurszenia w porównaniu z wodą z gleby MtI (rys. 2). Na podstawie średnich wartości stężeń azotanów (do 31 mg·dm⁻³ NO₃⁻) zagrożenie dla jakości wody w badanych stanowiskach należałoby określić jako umiarkowane – III klasa jakości wód podziemnych [Rozporządzenie MŚ... 2008]. Zwracając jednak uwagę na maksymalne stężenie tego składnika, notowane w poszczególnych próbkach wody (52, 157, 185 mg·dm⁻³ NO₃⁻, odpowiednio dla I, II i III stopnia zmurszenia) można zauważyć okresowe, bardzo silne pogorszenie jej jakości we wszystkich badanych typach gleb.

Średnie z całego okresu badań stężenie azotu amonowego w wodzie gruntowej było małe i podobne we wszystkich glebach (rys. 2). Przy prawdopodobnym, w przypadku gleby MtIII, uwalnianiu większej ogólnej ilości amonu niż w glebie MtI na skutek silniejszych i rozleglejszych procesów mineralizacji (warunkowanych natlenieniem gleby), duża wydajność procesu nityfikacji zapobiegała znaczącemu zwiększeniu się stężenia N-NH₄ w wodzie gruntowej. Podobnie jak w przypadku azotanów, obserwowano „uderzeniowe” stężenia jonu amonowego na wszystkich stanowiskach (rys. 2). Przedstawione wartości maksymalne kilkakrotnie przekraczały wartości określone przez normy jako progowe dla najgorszej klasy jakości wód podziemnych [Rozporządzenie MŚ... 2008].

Uwagę zwraca ponadto średnie stężenie PO₄⁻³ zaobserwowane w wodzie gruntowej z gleby MtII, które było większe nawet od zanotowanego w wodzie z gleby



Rys. 2. Średnie z całego okresu badań stężenie poszczególnych składników w wodzie gruntowej; MtI, MtII, MtIII wg tabeli 1.; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Mean for the whole study period concentration of particular components in ground water; MtI, MtII, MtIII as in table 1; source: own studies

MtI, gdzie stwierdzono największą zawartość fosforu w powierzchniowych warstwach gleby. Może to być spowodowane tworzeniem się łatwo rozpuszczalnych fosforanów amonu. Sugestię tę może potwierdzać istotna korelacja między stężeniem PO_4^{-3} i N-NH_4^+ , którą zanotowano wyłącznie w wodzie gruntowej gleb MtII (tab. 5). Ponadto, tylko w wodzie z gleb o opisywanym stopniu zmurszenia stwierdzono duże pogorszenie jakości wody ze względu na stężenie fosforanów (okresowo sięgające $3,5 \text{ mg PO}_4^{-3} \cdot \text{dm}^{-3}$) (rys. 2).

Stwierdzono również, że im wyższym stopniem zmurszenia odznaczała się gleba torfowa, tym większe było średnie z całego okresu badań stężenie RWO w wodzie gruntowej (rys. 2). Średnie stężenie tego składnika w wodzie z gleb o trzecim stopniu zmurszenia było około dwukrotnie większe od stwierdzonego w wodzie z gleb o najmniej zaawansowanych procesach murszenia. W świetle tych wyników można zauważyć, że podkreślane w literaturze [OKRUSZKO 1991; 2000] wyczerpywanie się łatwo rozkładalnej materii organicznej wraz z postępującym procesem murszenia nie znalazło potwierdzenia w średnim stężeniu związków or-

Tabela 5. Współczynniki korelacji r dla stężeń poszczególnych składników ($n = 62$)**Table 5.** Correlation coefficients r for the concentrations of particular components ($n = 62$)

	MtI				MtII				MtIII			
	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻³	RWO	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻³	RWO	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻³	RWO
p.w.g.	n.i.	n.i.	n.i.	0,57	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
t.w.	n.i.	n.i.	n.i.	0,57	n.i.	n.i.	n.i.	0,74	-0,66	n.i.	n.i.	0,65
NO ₃	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	-0,53
NH ₄	n.i.	n.i.	n.i.	0,41	n.i.	n.i.	0,40	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
PO ₄	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

Objaśnienia: p.w.g. – poziom wody gruntowej; t.w. – temperatura wody; n.i. – nieistotne statystycznie.

Uwaga: korelację dla danej pary czynników przedstawiono tylko wówczas, gdy miała ona miejsce na obu stanowiskach badawczych danego typu gleby.

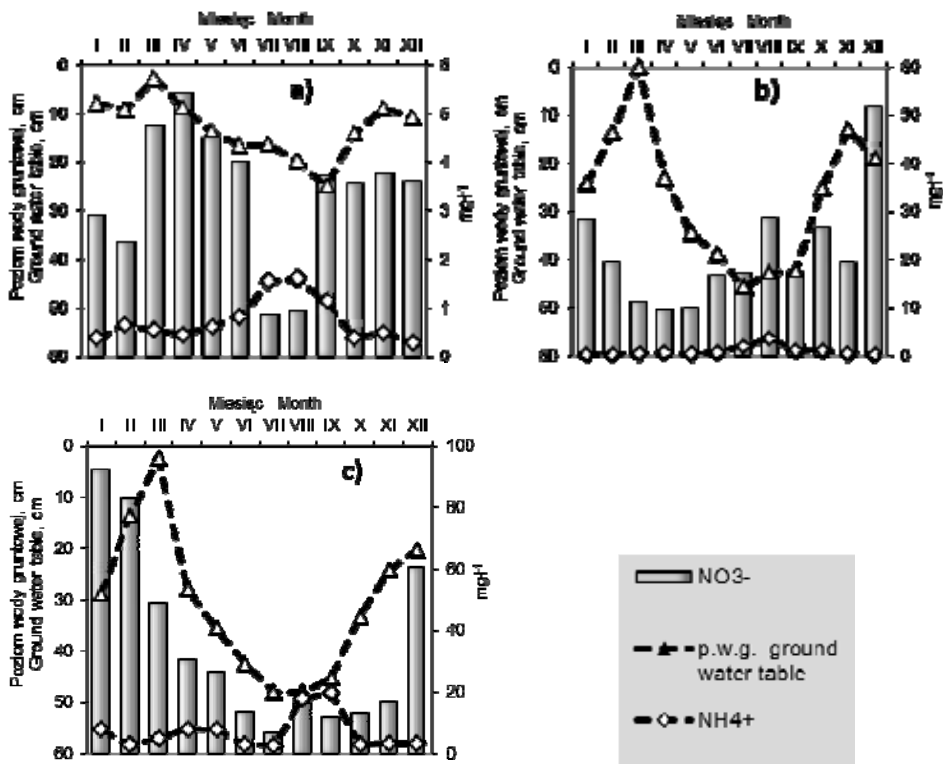
Explanations: p.w.g. – groundwater table; t.w. – water temperature; n.i. – not significant.

Note: correlation for a given pair of factors is presented only if it occurred in both study sites of a given soil type.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

ganicznych rozpuszczonych w wodzie, wyrażonych w niniejszej pracy stężeniem RWO. Wydaje się, że taka sytuacja może dotyczyć gleb o jeszcze bardziej zaawansowanych przemianach materiału organicznego, niż objęte badaniami w niniejszej pracy. W odniesieniu do wartości stężenia ogólnego węgla organicznego wymianianego w normach [Rozporządzenie MŚ... 2008], pogorszenie jakości badanych wód gruntowych na skutek podwyższonego stężenia RWO było bardzo duże we wszystkich badanych typach gleb.

W zależności od stopnia zmurszenia gleby torfowej stężenie NO₃⁻ w wodzie gruntowej kształtowało się odmiennie w ciągu roku. Pomimo względnie małych wahań poziomu wody gruntowej w glebach MtI na początku roku, a więc również niedużych zmian napowietrzenia górnych warstw profilu, obserwowano postępujące zwiększanie się stężenia azotanów w wodzie (rys. 3a). Następnie podczas obniżenia się lustra wody i wzmożenia procesów rozkładu materii organicznej w okresie letnim stwierdzono zmniejszenie się stężenia azotanów przy jednoczesnym zwiększeniu się stężenia jonu NH₄⁺. Można sądzić, że silna amonifikacja związków zawierających azot, związana z dużym zapotrzebowaniem na tlen, mogła powodować jego deficyt, co skutkowało osłabieniem procesów nityfikacji. W tych warunkach możliwa jest także redukcja azotanów już wcześniej obecnych w roztworze. Podkreślić jednak należy, że opisana dynamika zmian w cyklu rocznym kształtowała się w przedziale bardzo małych wartości stężeń NO₃⁻ (ok. 0,8–5,5 mg·dm⁻³) i NH₄⁺ (0,2–1,6 mg·dm⁻³). Znacznie większe wartości stężenia NO₃⁻, niekiedy przekraczające rząd wartości, notowano w wodzie gruntowej gleb MtII i MtIII, a dynamika jego zmian była różna w porównaniu z glebą MtI. W wodzie gruntowej gleb o wyższym stopniu zmurszenia obserwowano stopniowe zmniejszanie się średniego miesięcznego stężenia azotanów w przedziale czasowym od zimy do lata, a nawet jesieni. Zjawisko to zachodziło z dużą intensywnością w glebie o naj-

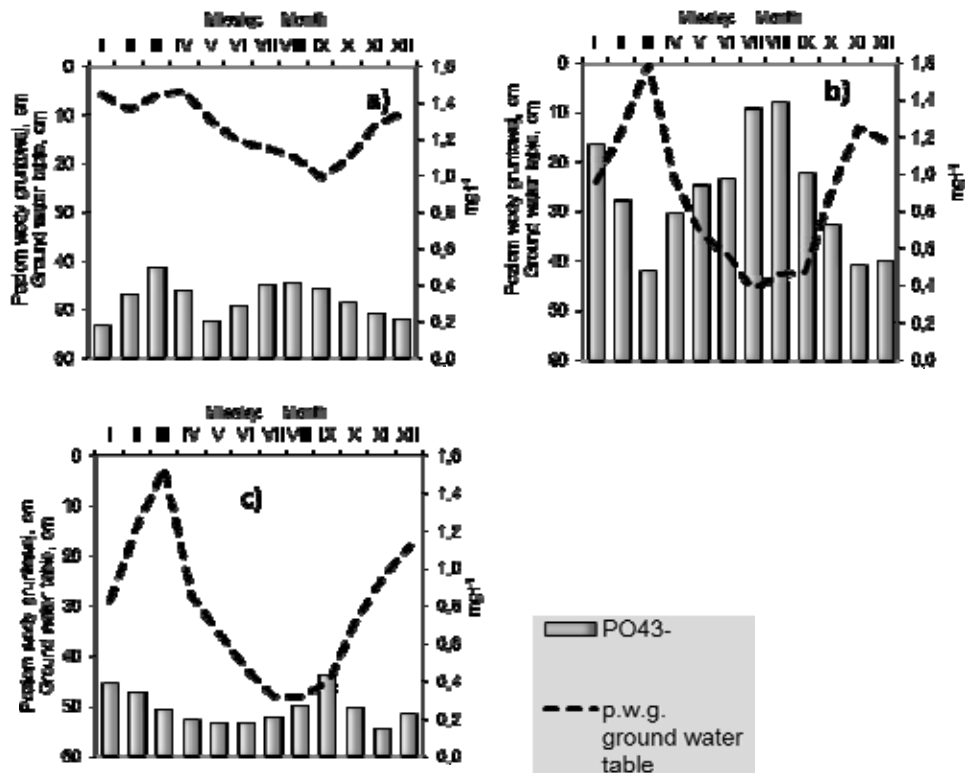


Rys. 3. Zmiany średniego miesięcznego stężenia NO_3^- i NH_4^+ w wodzie gruntowej na tle jej poziomu: a) MtI, b) MtII, c) MtIII; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Changes of the mean monthly NO_3^- and NH_4^+ concentration in ground water in relation to water level: a) MtI, b) MtII, c) MtIII; source: own studies

większym stopniu zmurszenia. Stężenie NO_3^- w wodzie z gleb MtII i MtIII nie zwiększało się w okresie wczesnowiosennym, czego przyczyną mogło być podniesienie się w tym czasie lustra wody gruntowej aż do powierzchni gruntu (rys. 3b, c). Największe średnie wartości stężeń NH_4^+ obserwowano w okresie sierpień-wrzesień w glebie MtIII. Notowano je podczas bądź krótko po wystąpieniu najniższego w danym roku poziomu wody gruntowej w roku (rys. 3c).

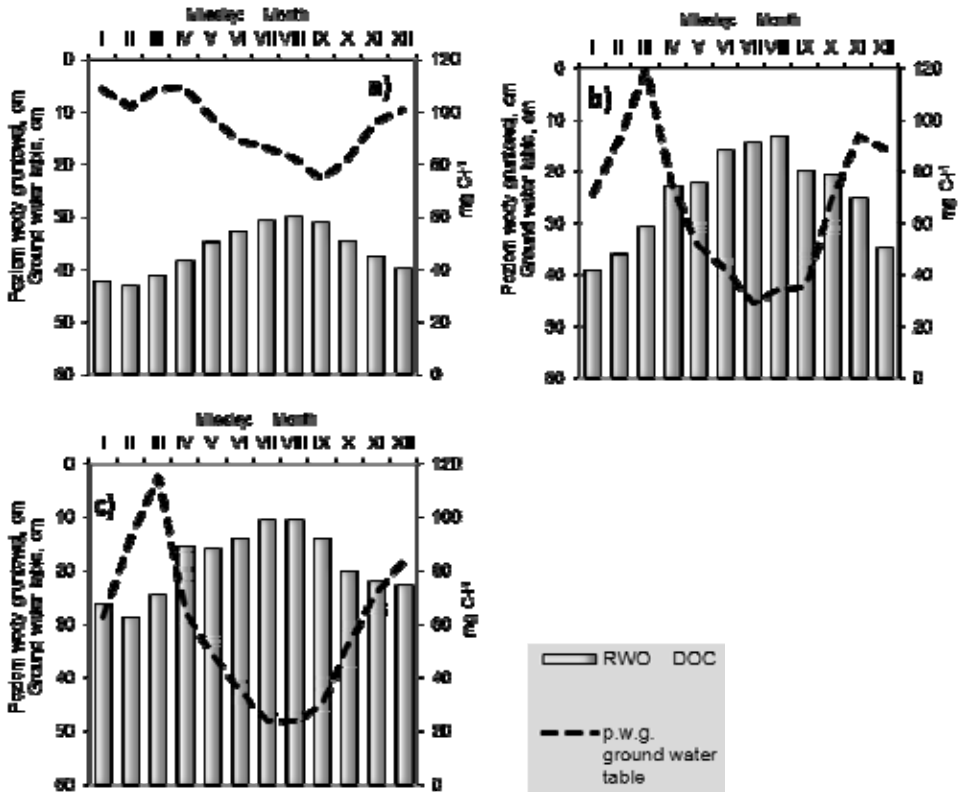
W cyklu rocznym zmieniało się również średnie miesięczne stężenie PO_4^{-3} w wodzie gruntowej. W przypadku wody z gleby MtI nie stwierdzono wpływu głębokości zalegania lustra wody na stężenie PO_4^{-3} (rys. 4a). Natomiast w wodzie z gleb MtII i MtIII zaznaczało się podwyższone stężenie PO_4^{-3} krótko po wystąpieniu najniższego stanu wody gruntowej, w okresie pokrywającym się z podwyższonym stężeniem NH_4^+ (rys. 4b, c). Wskazuje to na dużą rolę tworzących się fosforanów amonu w przemieszczaniu się wymienionych komponentów z roztworu glebowego do wody gruntowej. Stosunkowo duże stężenie fosforanów w wodzie gruntowej z gleby MtII zanotowano także w styczniu i lutym.



Rys. 4. Zmiany średniego miesięcznego stężenia PO_4^{3-} w wodzie gruntowej na tle jej poziomu: a) Mtl, b) MtlI, c) MtlII; źródło: wyniki własne

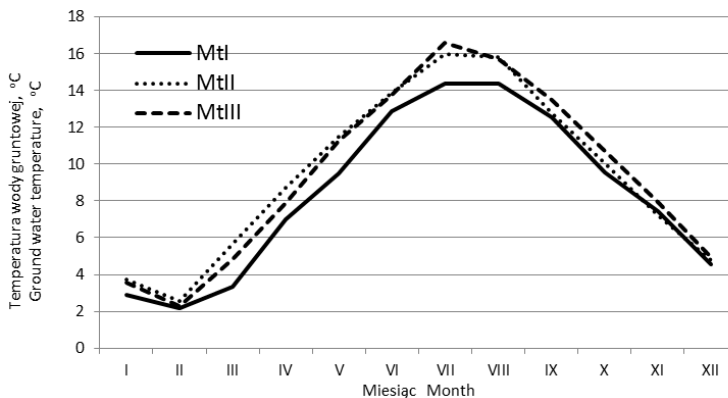
Fig. 4. Changes of the mean monthly PO_4^{3-} concentration in ground water in relation to water level: a) Mtl, b) MtlI, c) MtlII; source: own studies

W wodzie gruntowej z gleb wszystkich stopni zmurszenia największe stężenie RWO występowało w okresie od czerwca do września, pokrywając się z najniższym stanem wody gruntowej (rys. 5). Należy jednak zaznaczyć, że w perspektywie całego okresu badawczego istotna zależność stężenia opisywanego składnika z poziomem wody występowała jedynie w przypadku gleby Mtl (tab. 5). Podobne wyniki otrzymano w pracy JASZCZYŃSKIEGO [2010]. Na wszystkich stanowiskach stężenie RWO było istotnie zależne od temperatury wody (tab. 5). Wzrost temperatury (rys. 6) wzmagał procesy transformacji materii organicznej i przyrost stężenia jej form rozpuszczalnych w wodzie gruntowej (rys. 5). Temperatura wody gruntowej w glebie Mtl przez większą część roku utrzymywała się na niższym poziomie w porównaniu z wodą z gleb MtlI i MtlII. Zauważono, że największa różnica stężeń RWO w wodzie gruntowej między okresem letnim i pozostałą częścią roku występowała w wodzie gleb MtlI (rys 5b).



Rys. 5. Zmiany średniego miesięcznego stężenia RWO w wodzie gruntowej na tle jej poziomu:
a) MtI, b) MtII, c) MtIII; źródło: wyniki własne

Fig. 5. Changes of the mean monthly DOC concentration in ground water in relation to water level:
a) MtI, b) MtII, c) MtIII; source: own studies



Rys. 6. Zmiany średniej miesięcznej temperatury wody gruntowej; źródło: wyniki własne

Fig. 6. Changes of the monthly mean ground water temperature; source: own studies

Natomiast zaobserwowana zależność między stężeniami RWO i N-NO_3^- w wodzie z gleby MtIII wydaje się nie wynikać z procesów biochemicznych, a jedynie z różnego czasu występowania największych stężeń tych składników: RWO – latem, N-NO_3^- – zimą. Zauważono także, że w 2010 r., w którym zaobserwowano wyższy poziom wody gruntowej w porównaniu z dwoma wcześniejszymi latami, stężenie RWO w wodzie gruntowej z gleby MtII i MtIII było większe (tab. 6). Sugeruje to, że pomimo okresowego ograniczenia intensywności przemian materiału glebowego (w wyniku większego wypełnienia profilu glebowego wodą) zwiększyła się ilość komponentów organicznych przemieszczanych z górnych partii gleby do zasobów wody gruntowej. Wytłumaczeniem może być fakt, że wspomniany 2010 r. charakteryzował się stosunkowo dużą roczną sumą opadów oraz dużą ich intensywnością, a tym samym znaczącą ilością wody infiltrującej w głąb gleby.

Tabela 6. Stężenie RWO w wodzie gruntowej na tle warunków hydrologicznych

Table 6. Concentration of DOC in ground water in relation to hydrological conditions

Wyszczególnienie Specification	Typ gleby Kind of the soil	Lata Years		
		2008	2009	2010
Średnie stężenie RWO, $\text{mg C}\cdot\text{dm}^{-3}$	MtI	50	48	45
Mean DOC concentration, $\text{mg C}\cdot\text{dm}^{-3}$	MtII	68	70	90
	MtIII	77	83	112
	<hr/>			
Średni poziom wody gruntowej, cm	MtI	19	12	6
	MtII	37	30	14
	MtIII	40	32	22
<hr/>				
Opad, mm	–	584	606	793
Precipitation, mm				
Liczba zdarzeń atmosferycznych z opadem dobowym powyżej 15 mm	–	8	3	13

Objaśnienia: MtI, MtII, MtIII wg tabeli 1. Explanations: MtI, MtII, MtIII as in table 1.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

WNIOSKI

1. Niezależnie od stopnia zmurszenia gleby torfowo-murszowej zagrożenie dla jakości wody gruntowej, wynikające ze stężenia NO_3^- i NH_4^+ , było duże, aczkolwiek miało charakter stosunkowo krótkotrwałych, „uderzeniowych” wzrostów, kształtowanych dynamicznymi zmianami napowietrzenia górnych warstw gleby.

2. Największe wzbogacanie wody gruntowej w azotany miało miejsce w glebach najsilniej zmurszałych (MtIII) od grudnia do lutego.

3. W glebach torfowo-murszowych, niezależnie od stopnia zmurszenia, największe wzbogacanie wody gruntowej w jon amonowy przypadało na czas największej aeracji profilu glebowego, powodowanej obniżeniem się poziomu wody gruntowej.

4. Znaczące wzbogacanie wody gruntowej gleb o drugim stopniu zmurszenia w fosforany mogło być wynikiem powstawania łatwo rozpuszczalnych fosforanów amonu. Duże wartości stężeń obu komponentów opisywanego związku notowano na krótko po wystąpieniu najniższego stanu wody gruntowej, najczęściej w lipcu i sierpniu.

5. Woda gruntowa badanych typów gleb była w ciągu całego roku silnie wzbogacana w RWO, którego stężenie było największe od czerwca do września, w okresie niskiego poziomu wody gruntowej i najwyższej temperatury wody.

LITERATURA

- BANASZUK H. 2004. Geologia i geomorfologia Kotliny Biebrzańskiej. W: Kotlina Biebrzańska i Biebrzański Park Narodowy: aktualny stan, walory, zagrożenia i potrzeby czynnej ochrony środowiska. Monografia przyrodnicza. Pr. zbior. Red. H. Banaszuk. Białystok. Wydaw. Ekonomia i Środowisko. ISBN 8388771493 ss. 527.
- JASZCZYŃSKI J. 2008. The groundwater quality against a background of human activities and impact of peatland area. *Agronomy Research*. Vol. 6. No 1 s. 121–129.
- JASZCZYŃSKI J. 2010. Rozpuszczalny węgiel organiczny w wodach siedlisk torfowych. Rozpr. dokt. Maszynopis. Falenty. ITP ss. 110.
- OKRUSZKO H. 1971. Określanie ciężaru właściwego gleb hydrogenicznych na podstawie zawartości w nich części mineralnych. *Wiadomości IMUZ*. T. 10. Z. 1 s. 47–54.
- OKRUSZKO H. 1991. Wyniki wieloletniego doświadczenia dotyczącego wpływu użytkowania na glebę torfową. *Wiadomości IMUZ*. T. 16. Z. (3) s. 87–107.
- OKRUSZKO H. 2000. Degradation of peat soils and differentiation of habitat conditions of hydrogenic areas. *Acta Agrophysica*. Vol. 26 s. 7–15.
- OKRUSZKO H., KOZAKIEWICZ A. 1973. Humifikacja i mineralizacja jako elementy składowe procesu murszenia gleb torfowych. *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*. Z. 146 s. 63–76.
- OKRUSZKO H., PIAŚCİK H. 1990. Charakterystyka gleb hydrogenicznych. Olsztyn. Wydaw. ART ss. 291.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. *Dz. U.* 2008. Nr 143 poz. 896.
- SAPEK A. 2008. Phosphate and ammonium concentrations in groundwater from peat soils in relation to the water table. *Polish Journal of Soil Science*. Vol. 41. No. 2 s. 139–148.
- SAPEK A., SAPEK B. 1997. Metody analizy chemicznej gleb organicznych. *Materiały Instruktażowe*. Nr 115. Falenty. IMUZ ss. 80.
- SAPEK A., SAPEK B., CHRZANOWSKI S., JASZCZYŃSKI J. 2006. Transfer of substances from soil solution in peat soil to ground- and surface water. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 15. No. 5D. Part 2 s. 367–374.
- SAPEK A., SAPEK B., CHRZANOWSKI S., URBANIAK M. 2005. Nutrient mobilisation and losses related to water conservation in peatlands. *Ecohydrology and Hydrology*. Vol. 5(1) s. 59–65.
- SAPEK B. 2011. Sorpcja fosforu przez mursze i utwory torfowe w rejonie doliny Biebrzy. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 11. Z. 3(35) s. 219–235.

- SKORBIŁOWICZ M. 2010. Czynniki i procesy kształtujące obieg składników mineralnych w wodach rzecznych zlewni górnej Narwi. Rozprawy Naukowe. Nr 197. Oficyna Wydaw. PB ss. 159.
- SZAJDAK L., SZCZEPAŃSKI M., BOGACZ A. 2007. Impact of secondary transformation of peat-moorsh soils on the decrease of nitrogen and carbon compounds in ground water. Agronomy Research. Vol. 5(2) s. 189–200.

Jacek JASZCZYŃSKI, Marek URBANIAK, Piotr NAWALANY

THE EFFECT OF DECOMPOSITION STAGE OF PEAT-MUCK SOILS ON NITROGEN, PHOSPHORUS AND DOC RELEASE TO GROUNDWATER

Key words: *degree of peat decomposition, DOC, ground water, nitrates, peat-muck soils, phosphates*

S u m m a r y

Quantitative and temporal changes in the release of nitrogen, phosphorus and DOC from peat-muck soils to ground water are described in the paper. Studied soils differed in the extent of drainage which resulted in the different intensity of aeration of upper soil layers and different transformation of their organic material. The studies were carried out in drained fens in north-west part of the middle basin of the Biebrza River, Poland. Study sites were localized on peat-muck soils with different degree of peat decomposition (MtI, MtII and MtIII – according to Polish classification). These sites were used as extensively mown meadows, without fertilisation.

Mean concentrations of NO_3^- and DOC in ground water were the higher the more decomposed was peat soil. Nitrate concentrations in ground water increased in the winter time. This effect was most clearly visible in MtIII soil. Mean NH_4^+ concentration wasn't significantly differentiated by the degree of soil decomposition. The greatest enrichment of water by this ion was observed in periods of the lowest ground water table. The greatest enrichment of ground water with phosphates was found in MtII soil. This could result from the formation of soluble ammonium phosphates. Irrespective of decomposition processes, DOC concentrations in ground water were highest from June to September in association with the lowest ground water table and the highest water temperature. In the year of ground water table higher than average, DOC concentration in ground water from MtII and MtIII soil was significantly higher compared with dry years while in sites on MtI soil the inverse situation was observed.

Adres do korespondencji: dr inż. J. Jaszczyński, Zakład Doświadczalny ITP w Biebrzy, 19-200 Grajewo; tel. +48 86 273-40-51, e-mail: J.Jaszczynski@itep.edu.pl